

1/1 DWPX - (C) The Thomson Corp.

AN - 1977-H1918Y [35]

TI - Ultrasonic speed transformer with stepped concentrator has rod of resonant length according to mode of longitudinal oscillation

PA - (MOSK) MOSCOW CHEM EQUIP INST

PN - DE2606997 A 19770825 DW1977-35 Ger \*

AP: 1976DE-2606997 19760220

- FR2343519 A 19771110 DW1978-01 Fre NCEQ

AP: 1976FR-0006822 19760310

PR - 1976DE-2606997 19760220

AB - DE2606997 A

Ultrasonic speed transformer comprises a stepped concentrator (1, 2) with a resonant length according to the mode of longitudinal oscillation, with its narrow end rigidly connected to means for increasing the radiation surface area of the concentrator of the concentrator, in the form of a rod (3) of resonant length according to the mode of longitudinal oscillation. The rod may consist of a divergent section (5) with a length of  $1n N/k$ , where  $N$  is the square root of the area ratio of the wide and narrow ends of the divergent section and  $k$  is the wave number, and a constant dia. section (3). The areas of the narrow and wide ends of the divergent section and of the narrow end of the concentrator or constant-dia. section are equal.

⑤

Int. Cl. 2:

**B 06 B 3/02**

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DT 26 06 997 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 26 06 997**

⑫

Aktenzeichen:

P 26 06 997.6

⑬

Anmeldetag:

20. 2. 76

⑭

Offenlegungstag:

25. 8. 77

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

⑤

Bezeichnung:

Ultraschall-Geschwindigkeitstransformator

⑦

Anmelder:

Moskowskij institut chimitscheskowo maschinostrojenija, Moskau

⑦

Vertreter:

Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Lamprecht, K., Dipl.-Ing.;  
Beetz jun., R., Dr.-Ing.; Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦

Erfinder:

Yakowlew, Alexandr Dmitriewitsch; Kokorew, Dmitry Timofeewitsch;  
Monachow, Walery Nikolaewitsch; Swesdkin, Alexandr Sergeewitsch;  
Moskau

⑤

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DT-OS 19 01 449

BE 5 30 555

US 36 28 071

US 31 31 515

US 29 48 154

**DT 26 06 997 A 1**

• 4.

5. Transformator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der sich erweiterende Abschnitt (5) des Stabes (3) eine exponentiale Form aufweist.

4.

Schweißung, Verzinnung, Extraktion oder Chemosorption bestimmt.

Geschwindigkeitstransformatoren (Konzentratoren) sind bereits seit einem Vierteljahrhundert (s. z. B. die US-PS 2 514 080 oder den SU-Erfinderschein 85193) bekannt und dienen zur Übertragung, Transformation und Ausstrahlung von durch elektromechanische Resonanzwandler vom Stabtyp nach einem Längsschwingungsmodus erregten mechanischen Schwingungen. Die Wandler werden an Ultraschallgeneratoren gekoppelt und wandeln elektrische Schwingungen in mechanische Längsschwingungen um.

In der Leistungs-Ultraschalltechnik werden die elektromechanischen Wandler zur unmittelbaren Übertragung mechanischer Energie auf zu verarbeitende Medien praktisch nicht verwendet. Der Grund dafür sind eine des öfteren ungenügende Strahlungsintensität und eine nur kurze Lebensdauer der aktiven Elemente der Wandler bei deren Berührung mit den zu verarbeitenden Medien sowie eine uneffektive Ausnutzung potentieller Möglichkeiten der aktiven Elemente der Wandler, beispielsweise piezoelektrischer oder magnetostriktiver Wandler.

Am häufigsten werden die Wandler mit zusätzlichen Resonatoren ausgeführt, über die die Ultraschallabstrahlung (s. beispielsweise die Beschreibung eines Wandlers in der US-PS 3 415 548) erfolgt.

Diese Resonatoren werden ständig sowohl in Richtung auf eine Vergrößerung der Schwingungsamplitude als auch in Richtung auf eine Erhöhung der Effektivität der Übertragung der Potentialenergie der Wandler vervollkommen. Darüber hinaus gestatten es die zusätzlichen Resonatoren,

709834/0176

. 6.

ten Längenabschnitt nach einem bestimmten Gesetz ändert.

Die Ausnutzung von Geschwindigkeitstransformatoren, deren Querschnittsfläche in Richtung des Ausganges (der eigentlichen Konzentratoren) abnimmt, gestattet es, sehr hohe Werte für die spezifische Strahlungsleistung des Ultraschalls für die zu verarbeitenden Medien (speziell für flüssige Medien) (s. beispielsweise E.A. Neppiras, Very high energy ultrasonics, British J. of Appl. Phys., 1960, N. II, 143 bis 150) zu erhalten.

Die einfachen und die zusammengesetzten Geschwindigkeitstransformatoren werden auch nach der Art der Änderung der Querschnittsfläche in Abhängigkeit von der anzunehmenden Form der Verjüngung (kegelförmig, exponential, katenoidal, ampullenförmig, stufenweise) nach Verstärkereigenschaften in Abhängigkeit vom Wert des Flächenverhältnisses der Querschnitte der Eingangs- und Ausgangsenden und nach Festigkeits- und Anpassungseigenschaften klassifiziert.

Die in Form von kegelig, exponential und katenoidal gestalteten Stäben ausgeführten Geschwindigkeitstransformatoren werden zu den einfachen Konzentratoren gezählt. Die zusammengesetzten Geschwindigkeitstransformatoren sind ein Zwei-Viertelwellen-Stufenkonzentrator (s. beispielsweise den SU-Erfinderschein 282 906), ein Stufenkonzentrator mit einem sich in Strahlungsrichtung verjüngenden Übergangsabschnitt (s. beispielsweise L. G. Merkulov, A.B. Haritonov "Theorie und Berechnung zusammengesetzter Konzentratoren", "Akusticheskij Jurnal", 1959, 5, 2, 183 bis 190), Ampullenkonzentratoren (s. beispielsweise E. Eisner, Complete solutions of the Webster horn equation, J. "Acoust.Soc.Amer.", 1967, 41, 4, 1126 bis 1146).

.P.

mit kavitierendem Wasser belasteten Ausgang. Dieser meist auf eine Kavitationsentlastung zurückzuführende Effekt wird durch einen steilen Abfall des Wellenwiderstandes der kavitierenden Flüssigkeiten bei einer Vergrößerung der Schwingungsgeschwindigkeit am Ausgang des Geschwindigkeitstransformators (s. beispielsweise V. N. Monahov, S. L. Peshkovskij, A.S. Popovich, B. I. Fomichev, I.P. Chinjakov und A.D. Jakovlev "Zur Frage der zweiten Schwelle der Ultraschallkavitation", "Akusticheskij Jurnal", 1975, 20, 3, 432 bis 435) bedingt. Das heißt, wenn ein gleich leistungsstarker elektromechanischer Wandler und die gleiche Flüssigkeit benutzt werden, so erweist sich die Strahlungsleistung des Geschwindigkeitstransformators mit geringerem Verstärkungsfaktor als höher gegenüber der Strahlungsleistung des Geschwindigkeitstransformators mit größerem Verstärkungsfaktor.

Der Umstand, daß bei sämtlichen oben beschriebenen Geschwindigkeitstransformatoren die Verstärkung der Schwingungsamplitude durch Verringerung der Strahlungsfläche erreicht wird, stellt einen wesentlichen Nachteil dieser Bauformen dar. Eine sehr starke Verringerung der Größe der Strahlungsfläche beim Einsatz derartiger Transformatoren engt den eventuellen Anwendungsbereich für leistungsstarken Ultraschall beträchtlich ein.

Es ist auch ein Ultraschall-Geschwindigkeitstransformator bekannt, der einen Stufenkonzentrator von Resonanzlänge nach einem Längsschwingungsmodus aufweist, dessen schmales Ende mit einem Mittel zur Vergrößerung der Strahlungsfläche dieses Konzentrators (s. beispielsweise Kiichiro Matsuzawa, Ultrasonic Transducers with Flexurally Vibrating Diaphragms for Use in Air. Japanese J. of Appl. Physics, 1970, 9, N. 3, 235 bis 245) starr gekoppelt ist.

709834/0178

. 10 .

lungsfläche des Konzentrators ein Stab von Resonanzlänge nach dem Längsschwingungsmodus vorgesehen ist.

Zweckmäßig wird der Stab mit einem konstanten Querschnitt ausgeführt, der größer ist als der des schmalen Endes des Konzentrators.

Auch kann der Stab mit Vorteil aus einem sich erweiternden Abschnitt, dessen Länge  $l$  ungefähr gleich  $\frac{\ln N}{k}$  ist, wobei  $N$  eine Quadratwurzel aus dem Flächenverhältnis der Querschnitte des breiten und des schmalen Endes des sich erweiternden Abschnitts des Stabes,  $k$  die Wellenzahl bedeuten, und einem Abschnitt mit konstantem Querschnitt bestehen, die in Strahlungsrichtung hintereinander liegen, wobei die Querschnittsflächen des schmalen und des breiten Endes des sich erweiternden Abschnitts des Stabes den Querschnittsflächen des schmalen Endes des Konzentrators bzw. des Abschnitts des Stabes mit konstantem Querschnitt gleich sind.

Vorteilhaft weist der sich erweiternde Abschnitt des Stabes Kegelform auf; günstig ist aber auch eine exponentiale Form für den sich erweiternden Abschnitt des Stabes.

Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Geschwindigkeitstransformator gewährleistet die Erzeugung von stabilen mechanischen Längsschwingungen vorgegebener Amplitude und Frequenz auf einer Querschnittsfläche, die ungefähr gleich der Querschnittsfläche seines Eingangsendes ist. Die obere Grenze für die Schwingungsgeschwindigkeit des ausstrahlenden Endes des Geschwindigkeitstransformators ist lediglich durch die Schwingungsfestigkeit des zu dessen Fertigung gewählten Materials, und die Strahlungs-

709834/0176

12.

Fig. 1 bis 12 Seitenansichten in teilweise geschnittener Darstellung für zwölf Ausführungsformen von Ultraschall-Geschwindigkeitstransformatoren;

Fig. 13 eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung von Ultraschallschwingungen mit einem Geschwindigkeitstransformator;

Fig. 14 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors  $M$  eines Geschwindigkeitstransformators vom Wert  $N$  der Ausgangskennlinie des Transformators;

Fig. 15 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des reduzierten Übertragungsmaßes  $\Psi_p$  eines Geschwindigkeitstransformators vom Wert der Ausgangskennlinie  $N$  des Transformators;

Fig. 16 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des elektroakustischen Wirkungsgrades  $\eta$  in einem System elektromechanischer Wandler - Geschwindigkeitstransformator - Belastung vom Wert der Schwingungsamplitude  $A_1$  am Ausgang eines erfindungsgemäß ausgebildeten Transformators, eines Stufenkonzentrators mit einem kegelförmigen Übergangsabschnitt und eines Exponentialkonzentrators.

Der in Fig. 1 dargestellte Geschwindigkeitstransformator enthält einen Zwei-Viertelwellen-Stufenkonzentrator bildende Stäbe 1 und 2, wobei das offene Ende des Stabes 2 als Strahlungsfläche auftritt, der Transformator enthält auch ein Mittel zur Vergrößerung der Strahlungsfläche des Konzentrators, das bei dem beschriebenen Beispiel in



• 14.

Unter einem Verstärkungsfaktor wird ein Amplitudenverhältnis von Längsverschiebungen am Aus- und Eingang des Konzentrators (des Geschwindigkeitstransformators) verstanden.

Der Stab 3 transformiert die Verschiebungsamplitude nicht, der gesamte Verstärkungsfaktor des Geschwindigkeitstransformators ist daher

$$M = A_1/A_0 = M_{1-2} \quad (6)$$

wobei  $A_0$  und  $A_1$  die Amplituden der Längsverschiebungen am Ein- bzw. Ausgang sind.

Auf solche Weise wird in Strahlungsrichtung des erfindungsgemäß ausgebildeten Geschwindigkeitstransformators ungeachtet der Flächengleichheit der Querschnitte am Ein- und Ausgang eine Verstärkung nach der Verschiebungsamplitude erreicht.

Es ist naheliegend, die potentiellen Möglichkeiten der Geschwindigkeitstransformatoren durch ein Verhältnis von Schwingungsenergien an deren Aus- und Eingang zu charakterisieren, das als ein reduziertes Übertragungsmaß bezeichnet wird.

$$\psi_p = w_1/w_0 \quad (7)$$

wobei für

$$w_0 = \frac{\rho \cdot c \cdot v_0^2}{2} \cdot S_0; \quad (8)$$

und für

$$w_1 = \frac{\rho \cdot c \cdot v_1^2}{2} \cdot S_1; \quad (9)$$

gilt.

16.

Der Unterschied des Geschwindigkeitstransformators nach Fig. 2 besteht darin, daß er an den elektroakustischen Wandler über einen Stab 3 umgekoppelt wird. Für solch einen Transformator gilt

$$M = 1/N^2; \quad (13)$$

$$\dot{\Psi}_p \leq 1, \quad (14)$$

was es im Vergleich zu den bekannten Bauformen gestattet, die niedrigsten Werte für den Verstärkungsfaktor und das reduzierte Übertragungsmaß zu erhalten.

In Fig. 3 ist ein drittes Ausführungsbeispiel des Geschwindigkeitstransformators, das den oben beschriebenen ähnlich ist, dargestellt.

Der Unterschied besteht darin, daß der Stufenkonzentrator und das Mittel zur Vergrößerung der Strahlungsfläche dieses Konzentrators mit kegelförmigen Abschnitten in einer Länge

$$l_{2,4} \approx \ln N/k \quad (15)$$

ausgeführt sind.

Der Stufenkonzentrator nach dem dritten Ausführungsbeispiel enthält zwei Zylinderstäbe 1 und 2 gleicher Länge ( $l_1 = l_3 \leq 3 \leq \lambda/4$ ) und einen sich verjüngenden Übergangsabschnitt 4 der Länge  $l_2$ , deren Gesamtlänge gleich der Halbwellenlänge unter Berücksichtigung einer Dispersion der Schallgeschwindigkeit auf dem sich verjüngenden Abschnitt ( $l_{1-3} = \lambda'/2$ ) ist.

AP.

$$21) kl_{4-5} = kl_4 + kl_5;$$

$$22) kl = 2kl_{1,3} + 2kl_{2,4} + kl_5;$$

$$23) M_{1-3} = \sqrt{N(\cos \ln N - \operatorname{tg} p \sin \ln N)};$$

$$24) M_{4-5} = \sqrt{\frac{1}{N} \frac{\cos kl_{1,3}}{\cos \ln N} \cdot \frac{\ln N}{\ln N + (N-1) \operatorname{tg} \ln N}};$$

$$25) M = M_{1-3} \cdot M_{4-5} \geq 1;$$

$$26) \operatorname{tg} p = \operatorname{tg} kl_{1,3} + \frac{N-1}{N \ln N};$$

berechnet.

In diesen Beziehungen sind  $M_{1-3}$  der Verstärkungsfaktor des Stufenkonzentrators mit einem kegelförmigen Übergangsabschnitt;

$M_{4-5}$  das Übertragungsmaß des Mittels zur Vergrößerung der Strahlungsfläche;

$M$  der Verstärkungsfaktor des Geschwindigkeitstransformators.

In der nachstehenden Tabelle 1 sind Zahlenwerte zu den Beziehungen (16) bis (25) zusammengestellt.

Tabelle 1

| N   | $M_{1-3}$ | $M_{4-5}$ | M    | $kl_{1,3}$ | $kl_{2,4}$ | $kl_{1-3}$ | $kl_5$ | $kl_{4-5}$ | kl   |
|-----|-----------|-----------|------|------------|------------|------------|--------|------------|------|
| 1,0 | 1,00      | 1,00      | 1,00 | 1,57       | 0,00       | 3,14       | 3,14   | 3,14       | 6,28 |
| 1,1 | 1,21      | 1,00      | 1,21 | 1,52       | 0,10       | 3,14       | 3,06   | 3,15       | 6,29 |

709834/0176

| N   | M <sub>1-3</sub> | M <sub>4-5</sub> | N    | kl <sub>1,3</sub> | kl <sub>2,4</sub> | kl <sub>1-3</sub> | kl <sub>5</sub> | kl <sub>4-5</sub> | kl   |
|-----|------------------|------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------|
| 3,4 | 9,35             | 0,78             | 7,34 | 1,22              | 1,22              | 3,66              | 2,53            | 3,75              | 7,71 |
| 3,5 | 9,78             | 0,78             | 7,60 | 1,22              | 1,25              | 3,68              | 2,52            | 3,77              | 7,46 |
| 3,6 | 10,22            | 0,77             | 7,85 | 1,22              | 1,28              | 3,71              | 2,51            | 3,79              | 7,50 |
| 3,7 | 10,65            | 0,76             | 8,10 | 1,22              | 1,31              | 3,74              | 2,50            | 3,81              | 7,55 |
| 3,8 | 11,09            | 0,75             | 8,35 | 1,22              | 1,34              | 3,76              | 2,49            | 3,82              | 7,59 |
| 3,9 | 11,53            | 0,74             | 8,59 | 1,22              | 1,36              | 3,79              | 2,48            | 3,84              | 7,63 |
| 4,0 | 11,97            | 0,74             | 8,83 | 1,22              | 1,39              | 3,82              | 2,47            | 3,86              | 7,68 |

Derartige Tabellen, in denen die verallgemeinerten Hauptparameter eines Geschwindigkeitstransformators in Abhängigkeit vom Wert seiner Ausgangskennlinie, deren Änderungsschritt genügend klein ist, zusammengestellt sind, sind in der tagtäglichen Rechenpraxis sehr bequem im Vergleich zu den für diese Zwecke meist verwendeten graphischen Darstellungen und Nomogrammen.

Die Tabelle 1 gestattet es, Verstärkungsfaktoren und Längen zu ermitteln. Wenn  $D_0/d \neq D_1/d$  ist, so sind für die Stäbe 1, 2 und 3' und die Abschnitte 4 und 5 des Geschwindigkeitstransformators die gesuchten Werte aus verschiedenen, den vorgegebenen Werten N entsprechenden Zeilen zu entnehmen.

In Fig. 4 ist ein viertes Ausführungsbeispiel für einen Geschwindigkeitstransformator dargestellt, das den oben beschriebenen ähnlich ist.

709834/0176

36)  $M = M_{1-3} \cdot M_{1-5}$

37)  $\text{tg} P_1 = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} \cdot \text{tg} k_{1,3} + \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}$

berechnet, wobei  $n \rightarrow I$ , aber geringfügig größer ist.

In der nachstehenden Tabelle 2 sind Zahlenwerte zu den Beziehungen (27) bis (36) zusammengestellt.

Tabelle 2

| N    | $M_{1-3}$ | $M_{4-5}$ | M     | $k_{1,3}$ | $k_{1,2,4}$ | $k_{1,1-3}$ | $k_{1,5}$ | $k_{1,4-5}$ | $k_1$ |
|------|-----------|-----------|-------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------|
| 1,00 | 1,00      | 1,00      | 1,00  | 1,57      | 0,00        | 3,14        | 3,14      | 3,14        | 6,28  |
| 1,25 | 1,56      | 1,00      | 1,55  | 1,46      | 0,22        | 3,14        | 3,96      | 3,18        | 6,32  |
| 1,50 | 2,23      | 0,98      | 2,19  | 1,38      | 0,40        | 3,16        | 2,84      | 3,24        | 6,40  |
| 1,75 | 2,98      | 0,97      | 2,88  | 1,32      | 0,56        | 3,20        | 2,75      | 3,31        | 6,50  |
| 2,00 | 3,82      | 0,95      | 3,62  | 1,27      | 0,69        | 3,23        | 2,68      | 3,37        | 6,60  |
| 2,25 | 4,72      | 0,93      | 4,39  | 1,23      | 0,81        | 3,27        | 2,62      | 3,43        | 6,70  |
| 2,50 | 5,68      | 0,92      | 5,19  | 1,20      | 0,92        | 3,32        | 2,57      | 3,48        | 6,80  |
| 2,75 | 6,69      | 0,90      | 6,02  | 1,18      | 1,01        | 3,37        | 2,52      | 3,53        | 6,89  |
| 3,00 | 7,75      | 0,88      | 6,87  | 1,16      | 1,10        | 3,42        | 2,48      | 3,58        | 6,99  |
| 3,25 | 8,85      | 0,87      | 7,75  | 1,14      | 1,18        | 3,46        | 2,44      | 3,62        | 7,08  |
| 3,50 | 10,00     | 0,86      | 8,66  | 1,12      | 1,25        | 3,49        | 2,41      | 3,66        | 7,16  |
| 3,75 | 11,17     | 0,86      | 9,59  | 1,11      | 1,32        | 3,54        | 2,38      | 3,70        | 7,24  |
| 4,00 | 12,38     | 0,86      | 10,54 | 1,10      | 1,39        | 3,59        | 2,35      | 3,73        | 7,32  |

24.

$$46) M_{1-3} = \left/ N \sqrt{1 + 2 \ln N + 2 \ln^2 N} \right/;$$

$$47) M_{4-5} = 1/ \left/ \frac{N}{1 + \ln N} \right/ \cdot \left/ \sqrt{\frac{1 + 2 \ln N - \ln^2 N}{1 + 2 \ln N}} \right/;$$

$$48) M = M_{1-3} \cdot M_{4-5};$$

berechnet.

Nachstehend soll eine Tabelle 3 mit Zahlenwerten zu den Beziehungen (38) bis (48) angegeben werden.

Tabelle 3

| N    | M <sub>1-3</sub> | M <sub>4-5</sub> | M    | kl <sub>2,4</sub> | kl <sub>3</sub> | kl <sub>1-3</sub> | kl <sub>5</sub> | kl <sub>4-5</sub> | kl   |
|------|------------------|------------------|------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|------|
| 1,00 | 1,00             | 1,00             | 1,00 | 0,00              | 1,57            | 3,14              | 3,14            | 3,14              | 6,28 |
| 1,25 | 1,55             | 1,00             | 1,55 | 0,22              | 1,39            | 3,18              | 2,96            | 3,18              | 6,36 |
| 1,50 | 2,19             | 0,98             | 2,16 | 0,40              | 1,29            | 3,26              | 2,84            | 3,24              | 6,51 |
| 1,75 | 2,90             | 0,97             | 2,80 | 0,56              | 1,23            | 3,36              | 2,75            | 3,31              | 6,66 |
| 2,00 | 3,66             | 0,95             | 3,47 | 0,69              | 1,18            | 3,44              | 2,68            | 3,37              | 6,82 |
| 2,25 | 4,48             | 0,93             | 4,15 | 0,81              | 1,15            | 3,53              | 2,62            | 3,43              | 6,96 |
| 2,50 | 5,31             | 0,92             | 4,85 | 0,92              | 1,12            | 3,61              | 2,57            | 3,48              | 7,09 |
| 2,75 | 6,19             | 0,90             | 5,57 | 1,01              | 1,10            | 3,68              | 2,52            | 3,53              | 7,21 |
| 3,00 | 7,11             | 0,88             | 6,30 | 1,10              | 1,09            | 3,76              | 2,48            | 3,58              | 7,34 |
| 3,25 | 8,05             | 0,87             | 7,05 | 1,18              | 1,08            | 3,83              | 2,44            | 3,62              | 7,45 |
| 3,50 | 9,02             | 0,86             | 7,81 | 1,25              | 1,06            | 3,88              | 2,41            | 3,66              | 7,55 |
| 3,75 | 10,01            | 0,86             | 8,60 | 1,32              | 1,05            | 3,94              | 2,38            | 3,70              | 7,64 |
| 4,00 | 11,03            | 0,86             | 9,40 | 1,39              | 1,04            | 4,00              | 2,35            | 3,73              | 7,74 |

709834/0176

. 26.

In Fig. 9 ist ein neuntes Ausführungsbeispiel für einen Geschwindigkeitstransformator dargestellt, das auch den oben beschriebenen ähnlich ist.

Der Unterschied besteht darin, daß an den Ausgang des Geschwindigkeitstransformators 6 ein dünnwandiges Rohr 11 (Fig. 9) von Resonanzlänge  $\lambda/2$  starr angekoppelt ist. Dies erlaubt es, die gesamte Strahlungsenergie innerhalb des genannten Rohres 11 zu lokalisieren.

In Fig. 10 ist ein zehntes Ausführungsbeispiel für einen Geschwindigkeitstransformator dargestellt, das den oben beschriebenen ähnlich ist.

Der Unterschied dieses Geschwindigkeitstransformators besteht darin, daß er mit einem axialen Durchgangskanal 12 (Fig. 10) und Querkanälen 13 ausgeführt ist, was es gestattet, die zu verarbeitenden Medien über die genannten Kanäle dem Ausgangsende des Geschwindigkeitstransformators zuzuführen. Ein am Eingang des Transformators vorgesehenes Gewindeloch 14 ist zur Befestigung des Geschwindigkeitstransformators an einem in der Zeichnung nicht dargestellten elektromechanischen Wandler bestimmt.

In Fig. 11 ist ein elftes Ausführungsbeispiel für einen Geschwindigkeitstransformator dargestellt, das den oben beschriebenen ähnlich ist.

Der Unterschied besteht darin, daß an den Ausgang des Geschwindigkeitstransformators 6 ein Zylinderstab 15 (Fig. 11) mit Resonanzlänge nach dem Längsschwingungsmodus starr angekoppelt ist, an dem dünne Platten 16 starr befestigt sind. Dies gestattet es, durch die Erregung

wesentlich von der Resonanzfrequenz des Wandlers 17 abweichen. Eine beträchtliche Frequenzverstimmung zwischen dem Geschwindigkeitstransformator 6 und dem Wandler 17 (beispielsweise um einige hundert Hz) wird durch Verkürzung der Länge der Ausgangsstufe des Geschwindigkeitstransformators 6 beseitigt, wenn dessen Eigenfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Wandlers 17 liegt.

Im Geschwindigkeitstransformator 6 werden stehende Längswellen erregt. Ein geringer, im Betrage unterhalb der potentiellen Leistung des elektromechanischen Wandlers 17 liegender Teil der Energie dieser Wellen wird in das zu behandelnde Medium abgestrahlt.

Die Arbeitsweise der Geschwindigkeitstransformatoren nach deren übrigen Ausführungsbeispielen ist analog zu der oben beschriebenen.

Zum besseren Verständnis der Arbeitsweise des Geschwindigkeitstransformators ist in Fig. 14 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors  $M$  vom Wert  $N$  der Ausgangskennlinie des Transformators wiedergegeben, wobei entlang der Ordinatenachse der Verstärkungsfaktor  $M$  und entlang der Abszissenachse die Ausgangskennlinie  $N$  aufgetragen sind. Bei der genannten graphischen Darstellung entspricht die Kurve "a" dem in Fig. 1 gezeigten Geschwindigkeitstransformator; die Kurve "b" dem in Fig. 3 gezeigten Geschwindigkeitstransformator; die Kurve "c" dem in Fig. 4 gezeigten Geschwindigkeitstransformator.

Fig. 15 zeigt eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des reduzierten Übertragungsmaßes  $\gamma_p$  eines



ten Geschwindigkeitstransformator ist die Verwendung von Übergangsabschnitten, beispielsweise von kegelter oder exponentialer Form, bevorzugt, die es den Wellen ermöglichen, sich entlang des gesamten Querschnitts dieser Abschnitte stufenlos auszubreiten. Die anderen Arten von stufenlosen Übergangsabschnitten beispielsweise die von katenoidaler Form, sind weniger effektiv. Dies ergibt sich aus einem Vergleich der Verstärkungsfaktoren der Geschwindigkeitstransformatoren mit derartigen Abschnitten mit den Verstärkungsfaktoren der erfindungsgemäß ausgebildeten Geschwindigkeitstransformatoren.

Die erfindungsgemäß ausgebildeten Geschwindigkeits-  
transformatoren gestatten es, die potentiellen Möglich-  
keiten der leistungsstärksten bekannten elektroakusti-  
schen Wandler praktisch vollständig auszunutzen. Zur Be-  
stätigung dieser Tatsache sind in Fig. 16 die Ergebnisse  
einer experimentellen Ermittlung der Abhängigkeit des  
elektroakustischen Wirkungsgrades  $\eta$  bei einem System elek-  
troakustischer Wandler - Geschwindigkeitstransformator -  
Wasser vom Wert der Schwingungsamplitude  $A_1$  einer ins  
Wasser getauchten Strahlungsfläche wiedergegeben. Entlang  
der Ordinatenachse ist der elektroakustische Wirkungsgrad  $\eta$   
und entlang der Abszissenachse die Schwingungsamplitude  $A_1$   
der Strahlungsfläche bei einer Schwingungsfrequenz von 18  
kHz aufgetragen.

In der genannten graphischen Darstellung entspricht  
die Kurve "a" dem in Fig. 3 gezeigten Geschwindigkeits-  
transformator; die Kurve "d" entspricht einem Stufenkon-  
zentrator mit einem kegelförmigen Übergangsabschnitt und  
die Kurve "e" einem Konzentrator von exponentialer Form;

-32.

transformatoren gestatten es, gleichzeitig die Verschiebungsamplitude zu ändern und die Strahlungsfläche zu vergrößern, was die Erhaltung von sehr hohen Werten für den elektroakustischen Wirkungsgrad ermöglicht.

Die erfindungsgemäß ausgebildeten Geschwindigkeitstransformatoren gestatten es, leistungsstarke akustische Schwingungen vorgegebener Frequenz in einem Intensitätsbereich von Bruchteilen bis zu Hunderten  $\text{W/cm}^2$  bei maximaler Ausnutzung der potentiellen Möglichkeiten der elektromechanischen Wandler zu erzeugen, was ein wichtiger Faktor für die Intensivierung verschiedener physikalisch-chemischer Vorgänge ist.

709834/0176

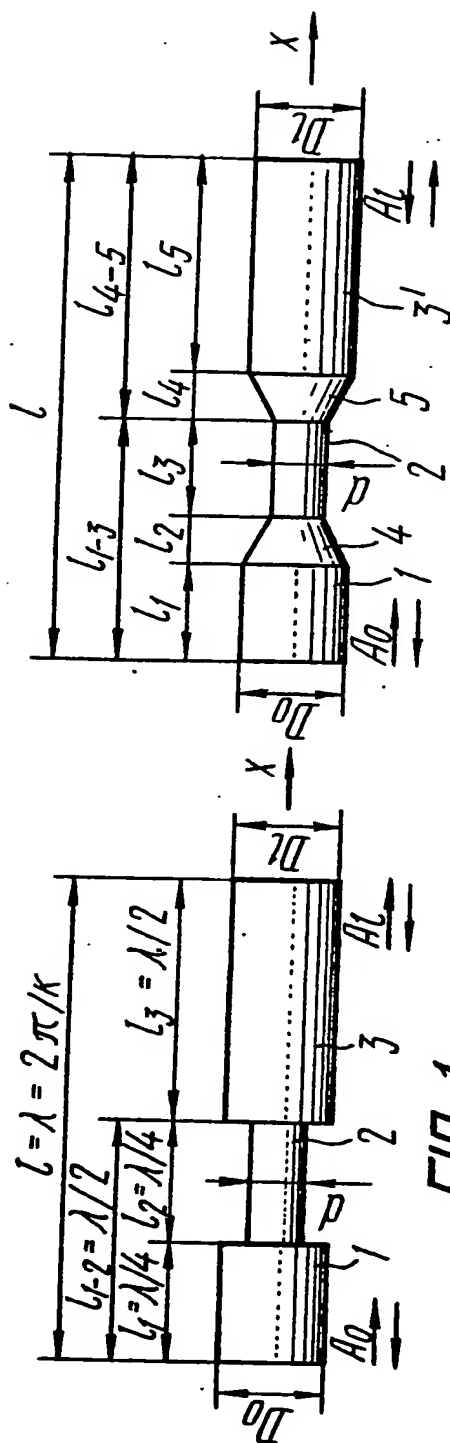


FIG. 1

2606997

FIG. 3

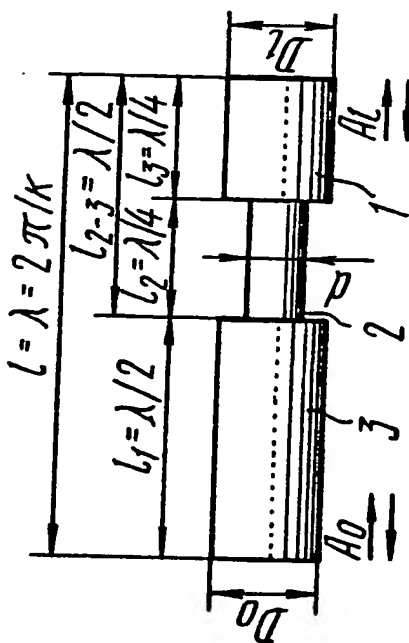


FIG. 2

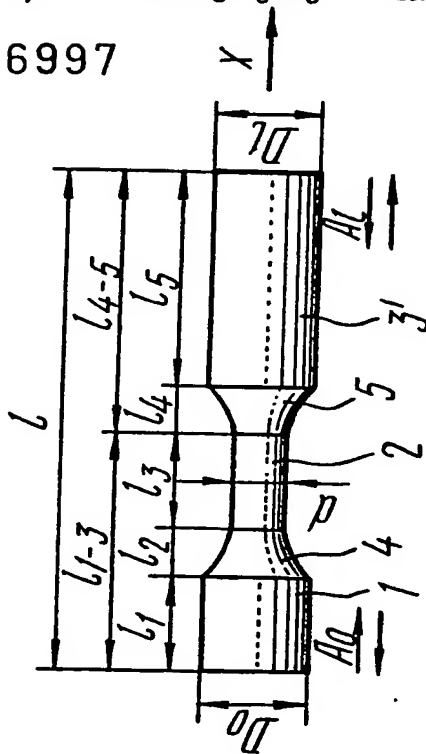
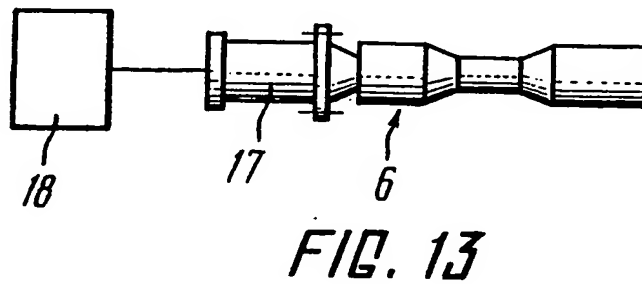
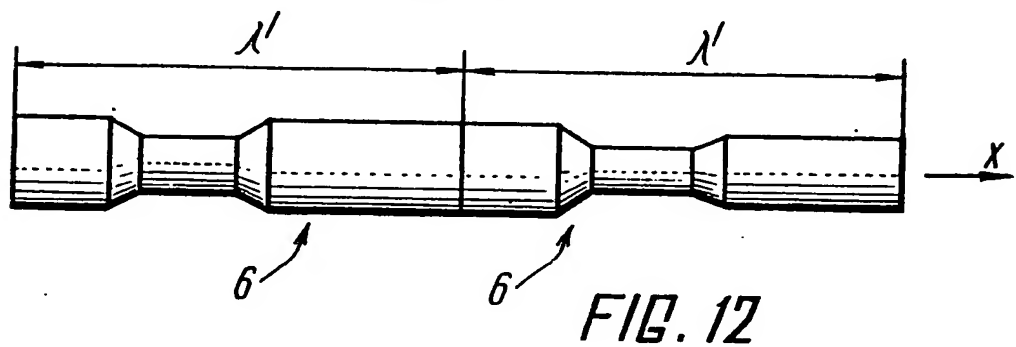
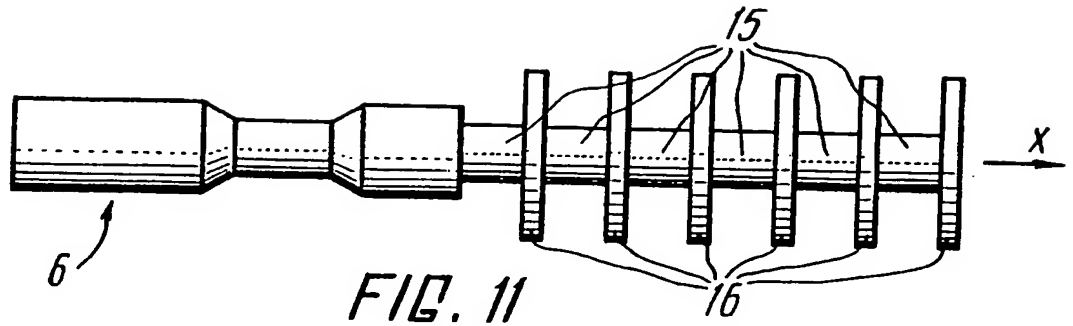


FIG. 4

2606997

• 35 •



709834/0176

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**